

## 回折格子体、光ピックアップ、半導体レーザ装置及び光情報装置

### 発明の属する技術分野

本発明は、光ディスクに情報の記録・再生又は消去を行う光ピックアップ及び情報記録再生装置及びこれらを応用した情報処理システムに関するものであり、特にこれらに用いる回折格子体に関する。

### 従来技術

高密度・大容量の記憶媒体として、ピット状パターンを有する光ディスクを用いる光メモリ技術は、デジタルオーディオディスク、ビデオディスク、文書ファイルディスク、さらにはデータファイルと用途を拡張しつつ、実用化されてきている。

近年は特にDVD-ROM等、波長630nm～670nmの可視赤色レーザを光源とした高密度光ディスクも普及しつつある。また、高密度の記録可能な光ディスク（DVD-RAM）も商品化されており、大容量のデジタルデータを光ディスクに手軽に記録できるようになりつつある。また、すでに広く普及したCDと互換性の高いCD-Rも広く普及してきた。

前記の背景から、DVDの情報再生装置では、DVD-ROMとCDに加えてDVD-RAMとCD-Rの再生が重要である。そしてDVDの情報記録再生装置では、DVD-RAMへの記録再生機能に加えて、DVD-ROMとCD及びCD-Rの再生が重要である。ここで、CD-Rは色素の反射率の変化を利用して情報の記録再生を行っているが、795nmを中心とした波長に対して最適化されているため、可視光など他の波長では信号再生をできない場合がある。

そこで、CD-Rの再生を行うためには波長795nm前後の赤外光源を用いることが望ましく、DVD用の赤色半導体レーザと、CD及びCD-R用の赤外半導体レーザを具備する光ピックアップが開発されている。そして、光学系を簡素化し、小型、低コスト化を実現するため、前記の2種の波長の半導体レーザを1個のパッケージの中に集積化することが提案されている。

図14と図15を用いて、特開平2000-76689号公報において開示さ

れている光ピックアップを説明する。図14に示した光ピックアップは、光ディスク7として透明基板の厚さの異なる複数の光ディスクを記録再生（光ディスク7の情報記録面上に情報を記録、又は情報記録面上の情報を再生することを、記録再生という）するものである。

従来例の光ピックアップ装置では、図14のように光源として650nm帯で発振する第1半導体レーザ（赤色レーザ）100aと780nm帯で発振する第2半導体レーザ（赤外レーザ）100bが近接配置されている。この赤色レーザ100aはDVDを再生する際に使用される光源であり、赤外レーザ100bは第2光ディスクを再生する際に使用される光源である。これらの半導体レーザは、記録／再生する光ディスクに応じて排他的に使用される。

また、トラッキング制御用の3ビームを生じさせる3ビーム用回折格子42、赤外レーザの光のみを回折する2分割の第2のホログラム41、赤外レーザの光のみを回折する4分割の第1のホログラム素子40が赤色レーザ100a、赤外レーザ100bの光軸上に配置されている。赤色レーザ100aからの出射光は光ディスク7上に集光され、反射光がホログラム41で回折されて、光検出器800に導かれる。

一方、赤外レーザから出射した光は回折格子42で3ビームに分離された後、ディスク7上に集光され、反射して戻ってきた光はホログラム41で回折されて、光検出器800に導かれる。

また、図15Aに3ビーム用の回折格子42付近の拡大断面図して示す。回折格子42は溝深さh1を1.4 $\mu$ mにすることで、波長780nmの光に対しては、メインビーム（0次透過率）72%、サブビーム（ $\pm 1$ 次回折効率）12%で、適当な3ビーム光量比が得られる。またこのとき、650nmの光に対しては回折効率はほぼ0でほとんど影響を受けないと記述されている。

前記と同様の構成は、特開2000-163791号公報にも開示されている。さらに、特開平10-289468号公報において開示された光ピックアップは、やはり、CDとDVDなど異なる複数の光ディスクを記録再生するものである。従来例の光ピックアップ装置は、光源として第1光源である第1半導体レーザ（波長 $\lambda = 610\text{nm} \sim 670\text{nm}$ ）と第2光源である第2半導体レーザ（波長 $\lambda =$

740nm～830nm)とを有している。この第1半導体レーザはDVDの記録／再生する際に使用される光源であり、第2半導体レーザは第2光ディスクの記録／再生する際に使用される光源である。これらの半導体レーザは、記録／再生する光ディスクに応じて排他的に使用される。

また、合成手段を具備し、第1半導体レーザから出射された光束と第2半導体レーザから出射された光束とを合成し、1つの集光光学系を介して、光ディスクに集光させるために、同一（ほぼ同一でもよい）光路となす。光検出器と2個の波長の異なる半導体レーザチップを1個のユニットに納めている。3ビーム格子の構成については開示されていない。

同様に、DVD、CD、CD-Rを記録／再生できる小型の光ピックアップを実現することを目的として、光検出器と2個の波長の異なる半導体レーザチップを1個のユニットに納めた構成が、特開平10-319318号公報、特開平10-21577号公報、特開平10-64107号公報、特開平10-321961号公報、特開平10-289468号公報、特開平10-134388号公報、特開平10-149559号公報、特開平10-241189号公報などに開示されている。

DVDのカテゴリリー中には、DVD-ROMに加えて、DVD-RAMもある。従ってDVDの記録又は再生装置は、DVD-ROM、DVD-RAM及び、すでに広く普及した光ディスクであるCD-ROM、CD-R（CD-RECORDABLE）を再生することが望ましい。これらの光ディスクはそれぞれ規格があり、安定に信号再生を行うことのできるトラッキングエラー（TE）信号検出方式が定められている。

DVD-ROMのTE信号は位相差法により得られる。位相差法は、ディファレンシャル・フェイズ・ディテクション（DPD）法とも呼ばれる。光ディスクから反射・回折して戻ってくるファーフールドパターン（FFP）の強度変化を利用して1ビームでTE信号を得ることができる。ピットの2次元的な配列による回折光の変化を利用する。ピット列の回折による光量分布の変化を4分割フォトディテクターによって検出し、位相比較することによってTE信号を得る。この方法は、ピット列を有する再生専用ディスクに向いている。

DVD-RAMのTE信号はプッシュプル（PP）法によって得られる。PP法は追記型、及び書換型光ディスクに対して主に用いられる。光ディスク記録面の案内溝に収束スポットが照射されると、その反射光は案内溝の延伸方向と直角方向に回折光を伴う。対物レンズ面に戻ってきたFFPは案内溝の±1次回折光と0次回折光の干渉によって、光強度の強弱の分布が生じる。案内溝と収束スポットの位置関係に依存して、一部が明るくて他の一部が暗くなったり、逆になったりする。このような光強度変化を2分割フォトディテクターで検知することによってPP法のTE信号を得られる。

規格上はCD-ROM（オーディオ用のCDも含む）及びCD-Rも前記のPP法によってTE信号を得られることになっているが、DVD-RAMに比べるとTE信号強度が小さい。また、PP法はレンズシフトによってTE信号オフセットが生じるという課題を伴うが、DVD-RAMではこの課題に対してTE信号のオフセット補正用区間を情報記録面上の一部に設けているのに対して、CD-ROMやCD-Rではそのような対策が光ディスクに講じられていない。そのため、TE信号検出方法としては3ビーム法が多く用いられている。

3ビーム法では光源から光ディスクへと至る往路に回折格子を挿入し、回折格子の0次回折光（主ビーム）と±1次回折光（副ビーム）を光ディスク上に形成する。主ビームがトラック中心からずれたときに副ビームの一方はトラック中心に近づき、他方はトラック中心から遠ざかるため、それぞれの反射戻り光量に差ができる。この差を検出することによってTE信号を得る。

このように、DVD-ROM、DVD-RAM及び、CD-ROM、CD-Rを記録又は再生するためには位相差法、PP法、3ビーム法という3種類のTE信号検出方式を行うことが望ましい。

前記の従来例（特開2000-76689号公報）では、CD再生時に3ビーム法を実現するために、3ビーム発生用の回折格子を光路中に挿入し、かつ、DVD再生時に光量損失を生じないように、3ビーム用の回折格子30は溝深さ1.4μmとしている。

しかしながら、この構成においては、前記のように650nmの光に対して、回折効率をほぼ0とするためには、回折格子の断面形状が理想的な矩形であるこ

とが前提となる。溝深さが  $1.4 \mu\text{m}$  と大きいと、実際には理想的な矩形断面形状とすることは困難となり、図 15 B に示したように、側壁が傾斜してしまう。図 15 B の例では、凹部と凸部との間では光路差  $h_1$  による位相差が  $2\pi$  になり、赤色光 70 と赤色光 71 との位相は実質的に同じになり、回折は生じない。しかし、側壁が傾斜していると、例えば高さ  $h_2$  においても、赤色光 72 が入射することになり、この場合は、赤色光 71 と赤色光 72 とでは、位相差が例えば  $\pi$  となり、回折が生じてしまう。

また、例えば格子断面形状を理想的な矩形に作製できたとしても、側壁での散乱要因が大きくなり、スカラー計算から得られる透過効率よりも低い透過効率しか得られない。このように溝深さが深い場合は、格子が十分薄いという仮定に立った近似のスカラー計算ではなく、より、厳密なベクトル計算を行う必要がある。例えば、格子周期  $6 \mu\text{m}$ 、基材の屈折率  $1.5$ 、波長  $650 \text{ nm}$ 、格子深さ  $1.3 \mu\text{m}$  のとき、理想的な矩形格子断面形状を作製できたとすると、スカラー計算では透過率が  $100\%$  になるが、ベクトル計算では  $80\%$  程度しか得られない。

従って、従来の構成では、DVD 再生時に赤色光の光量損失が生じ、再生信号の信号／雑音 (S/N) 比が低くなり、赤色光の必要発光量が多くなるために消費電力が多くなるという課題があった。

#### 発明の要約

本発明は、前記のような従来の課題を解決するものであり、3 ビーム発生用の回折格子体において、回折させない波長の光の光量ロスを低減できる回折格子体、及びこれを用いた光ピックアップ、半導体レーザ装置、光情報装置を提供することを目的とする。

前記目的を達成するために、本発明の第 1 の回折格子体は、波長  $\lambda_1$  に対して略透明で屈折率が  $n_0$  の基材と、前記屈折率が  $n_0$  の基材上に形成され、波長  $\lambda_1$  に対して略透明で屈折率が  $n_1$  の基材と、前記屈折率が  $n_1$  の基材に形成されたレリーフ型の回折格子とを備え、

前記屈折率  $n_1$  と  $n_0$  とが、 $n_1 > n_0$  の関係を満足することを特徴とする。

前記のような回折格子体によれば、屈折率  $n_1$  の基材を高屈折率材料とするこ

とができ、回折格子の格子深さの設定により、波長 $\lambda_1$ の光は回折せず、波長 $\lambda_2$ の光は回折する構成とした場合において、回折格子の格子深さを浅くすることができ、波長 $\lambda_1$ の光の光量損失を防止できる。また、屈折率の異なる基材を接合して回折格子体を形成しているので、比較的高価な高屈折率材料の使用量を最小限に抑えることができる。さらに、回折格子体の大部分を低屈折率材料とすることができるので、回折格子体の高さを低くできる。

前記回折格子体においては、前記回折格子は、矩形断面形状の凹部と凸部とによって形成され、前記凹部と凸部との段差 $h$ は、

$$h = \lambda_1 / (n_1 - 1)$$

の関係を満足し、前記凹部と凸部との間の光路差が、波長 $\lambda_1$ の1波長分となるよう設定されていることが好ましい。

前記のような回折格子体によれば、凹部と凸部との間の光路差が、波長 $\lambda_1$ の1波長分となるので、波長 $\lambda_1$ の光は回折せず、波長 $\lambda_2$ の光は回折する構成とすることができる。

また、前記屈折率 $n_1$ が、1.9以上であることが好ましい。前記のような回折格子体によれば、屈折率が大きいため、回折格子の格子深さを浅くすることができる。このため、波長 $\lambda_1$ の光は回折しない設定とした場合、波長 $\lambda_1$ の光の光量損失を低減できる。また、回折格子の凹凸形状を理想的な矩形断面形状とすることが容易になり、波長 $\lambda_1$ の光をより確実に回折しないようにできる。

また、前記屈折率が $n_1$ の基材の材料は、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $Nb_2O_3$ 、 $ZnS$ 、 $LiNbO_3$ 、及び $LiTaO_3$ から選ばれる少なくとも一つの材料であることが好ましい。前記のような材料を用いれば、屈折率 $n_1$ を1.9以上の高屈折率とすることができる。

また、前記回折格子は、矩形断面形状の凹部と凸部とによって形成され、前記屈折率が $n_1$ の基材の膜厚が、前記凹部と凸部との段差 $h$ と同じであることが好ましい。前記のような回折格子体によれば、リフトオフの手法によって回折格子を形成することができる。

また、前記屈折率が $n_1$ の基材のうち、空気との界面、及び前記屈折率が $n_0$ の基材との界面に反射防止膜が形成されている請求項1に記載の回折格子体。前

記のような回折格子体によれば、透過率向上がより確実になる。

次に、本発明の第2の回折格子体は、基材にレリーフ型の回折格子が形成された回折格子体であって、前記回折格子体は、単体の基材で形成されており、前記単体の基材の屈折率 $n_1$ が、1.9以上であることを特徴とする。

前記のような回折格子体によれば、回折格子の格子深さの設定により、波長 $\lambda_1$ の光は回折せず、波長 $\lambda_2$ の光は回折する構成とした場合において、回折格子の格子深さを浅くすることができ、波長 $\lambda_1$ の光の光量損失を低減できる。また、単体の基材で回折格子体を形成しているので、基材同士の接合が不要となり、製造が容易になる。また、回折格子の凹凸形状を理想的な矩形断面形状とすることが容易になり、波長 $\lambda_1$ の光をより確実に回折しないようにできる。

前記第2の回折格子体においては、前記回折格子は、矩形断面形状の凹部と凸部とによって形成され、前記凹部と凸部との段差 $h$ が、 $h = \lambda_1 / (n_1 - 1)$ の関係を満足し、

前記凹部と凸部との間の光路差は、波長 $\lambda_1$ の1波長分となるよう設定されていることが好ましい。前記のような回折格子体によれば、凹部と凸部との間の光路差が、波長 $\lambda_1$ の1波長分となるので、波長 $\lambda_1$ の光は回折せず、波長 $\lambda_2$ の光は回折する構成とすることができる。

また、前記単体の基材の材料は、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $Nb_2O_3$ 、 $ZnS$ 、 $LiNbO_3$ 、及び $LiTaO_3$ から選ばれる少なくとも一つの材料であることが好ましい。前記のような材料を用いれば、屈折率 $n_1$ を1.9以上の高屈折率とすることができる。

次に、本発明の半導体レーザ装置は、前記各回折格子体を備えた半導体レーザ装置であって、波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ の光ビームを放射する半導体レーザと、前記半導体レーザの放射する光ビームを受けて光電変換する光検出器とを有し、

前記回折格子体は、前記波長 $\lambda_2$ の光ビームを受けて主ビームを透過すると共に、 $\pm 1$ 次回折光である副ビームを形成し、

前記回折格子体、前記半導体レーザ、及び前記光検出器は、パッケージに一体集積されていることを特徴とする。

前記のような半導体レーザ装置によれば、本発明に係る回折格子体を用いてい

るので、波長 $\lambda_2$ に対応する光ディスク（例えばCD-R）を安定に再生でき、かつ波長 $\lambda_1$ に対応する光ディスク（例えばDVD-ROM）再生時の光利用効率を高めることができる。また、回折格子体、半導体レーザ、及び光検出器をパッケージに一体集積したことにより、サーボ信号を生成するために必要な部品を近接して固定できるため、温度変化によるひずみの影響を受けにくく安定したサーボ信号検出をできる。

また、本発明の光ピックアップは、前記各回折格子体を備えた光ピックアップであって、波長 $\lambda_1$ の光ビームを放射する第1の半導体レーザ光源と、波長 $\lambda_2$ の光ビームを放射する第2の半導体レーザ光源と、

前記波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ の光ビームを受けて光ディスク上へ微小スポットに収束する集光光学系と、前記光ディスクで反射した光ビームを回折する回折手段と、前記回折手段で回折した回折光を受けてその光量に応じて電気信号を出力する光検出部を形成した光検出器とを有し、

前記回折格子体は、前記波長 $\lambda_2$ の光ビームをうけて主ビームを透過すると共に、 $\pm 1$ 次回折光である副ビームを形成することを特徴とする。

前記のような光ピックアップによれば、本発明に係る回折格子体を用いているので、波長 $\lambda_2$ に対応する光ディスク（例えばCD-R）を安定に再生でき、かつ波長 $\lambda_1$ に対応する光ディスク（例えばDVD-ROM）再生時の光利用効率を高くできる。このため、S/N比が高くて安定に再生でき、かつ消費電力が低いという効果が得られる。

前記光ピックアップにおいては、前記光検出部は、前記回折手段からの $+1$ 次回折光を受光する光検出部PD0を含み、前記光検出部PD0の中心と、前記第1及び前記第2の半導体光源の各発光点との間の距離を、それぞれ $d_1$ 、 $d_2$ とすると、

$$\lambda_1 / \lambda_2 = d_1 / d_2$$

の関係を実質的に満足することが好ましい。

前記のような光ピックアップによれば、光検出部を両波長に対して共通に使用でき、光検出部の数を低減できるので、光検出器面積の縮小、出力を電流電圧変換する回路素子数の低減によるコスト低減、小型化を実現できる。



また、前記回折格子体、前記半導体レーザ、及び前記光検出器は、パッケージに一体集積されていることが好ましい。前記のような光ピックアップによれば、サーボ信号を生成するために必要な部品を近接して固定できるため、温度変化によるひずみの影響を受けにくく安定したサーボ信号検出をできる。

次に、本発明の光情報装置は、前記光ピックアップを備えた光情報装置であって、光ディスクに対するフォーカス制御手段、トラッキング制御手段、及び情報信号検出手段を有し、さらに前記光ピックアップの移動手段と、前記光ディスクを回転させる回転手段とを備えたことを特徴とする。前記のような光情報装置によれば、本発明に係る光ピックアップを用いているので、S/N比が高くて安定に再生でき、かつ消費電力が低いという効果が得られる。

#### 図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明の一実施形態に係る光ピックアップの概略断面図
- 図 2 は、図 1 の光ピックアップの動作を示す概略断面図
- 図 3 は、図 1 の光ピックアップの別の動作を示す概略断面図
- 図 4 は、図 1 の光ピックアップに用いられる回折格子の断面図
- 図 5 は、本発明の一実施形態に係る光ピックアップの動作を示す概略断面図
- 図 6 は、本発明の別の実施形態に係る光ピックアップの動作を示す概略断面図
- 図 7 は、本発明の一実施形態に係る光検出器の概略斜視図
- 図 8 は、本発明の一実施形態に係る光検出器ノ構成及び動作を示す概略平面図
- 図 9 は、本発明の一実施形態に係る光検出器の動作を説明するための図
- 図 10 は、本発明の一実施形態に係る光検出器の動作を示す概略平面図
- 図 11 は、本発明の一実施形態に係る回折格子体の断面図
- 図 12 は、本発明の別の実施形態に係る回折格子体の断面図
- 図 13 は、本発明の別の実施形態に係る光情報装置の概略構成図
- 図 14 は、従来の光ピックアップの一例の概略断面図
- 図 15 A は、従来の回折格子体の一例の断面図
- 図 15 B は、図 15 A の回折格子体の要部拡大図

## 発明の詳細な説明

以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

### (実施の形態 1)

図 1 は本発明の一実施形態に係る光ピックアップの構成図である。図 1 において 1 b と 1 a は波長の異なるレーザ光源である。また、8 1、8 2、8 3 は光ビームを受光して電流などの電気信号に光電変換する光検出器である。3 は回折格子である。

4 は回折手段であり、位相や透過率が周期構造をもつ光学素子が用いられる。回折手段 4 は、周期や方向すなわち格子ベクトルは、場所によって変化する場合もある。回折手段 4 はホログラム例えば位相型のホログラムが代表的であり、以下の説明では、回折手段 4 をホログラムとして説明する。5 はコリメートレンズ、6 は対物レンズで集光光学系を構成する。7 は光ディスクである。

なお、本図に示した光ピックアップにおいて、半導体レーザ光源と光検出部とを有する部分が半導体レーザ装置に相当する。このことは、以下の各実施形態でも同様である。

光ディスク 7 としては基材厚み（対物レンズから出射した光ビームが光ディスクへ入射する表面から情報記録面までの厚み）が  $t_1 = 1.2 \text{ mm}$  程度の CD 又は CD-R 等、及び基材厚みが  $t_2 = 0.6 \text{ mm}$  程度の DVD（DVD-ROM、DVD-RAM など）の両方を含む。以下、基材厚が約  $1.2 \text{ mm}$  で CD-ROM と同程度の記録密度の光ディスクを総称して CD 光ディスクと呼び、基材厚が約  $0.6 \text{ mm}$  で DVD-ROM と同程度の記録密度の光ディスクを総称して DVD 光ディスクと呼ぶこととする。

レーザ光源 1 a と 1 b は、それぞれ別個の半導体レーザチップをハイブリッドに配置することにより、それぞれの半導体レーザチップを最小限の大きさで、それぞれに最適な作製法で作製することができるため、低雑音、低消費電流、高耐久性を実現することができる。また、レーザ光源 1 a と 1 b を単一の半導体レーザチップにモノリシックに作り込むことによって、組立工数の削減や 2 個の発光点間距離を正確に決めることができ、本構成は以下の光ピックアップの実施の形態全てに適用可能である。

光検出部 8 1、8 2、8 3 は、光検出部 P D 0、P D 1、P D 2 と呼ぶ。光検出部 8 1、8 2、8 3 は、図 1 では分離して描いているが、単一のシリコン基板上に形成することにより互いの相対位置関係を正確に決めることができる。

光ディスクに対して情報を記録又は再生するときの動作について、図 2 と図 3 を用いて説明する。図 2 は赤色レーザ光源を用いて、基材厚  $t_2 = 0.6 \text{ mm}$  程度の DVD (DVD-ROM、DVD-RAM など) 光ディスク 7 1 に対して記録又は再生をする場合の説明図である。

赤色半導体レーザ 1 a から出射した赤色の光ビーム 2 は、回折格子 3 とホログラム 4 を透過し、コリメートレンズ 5 によって略平行光にされ、対物レンズ 6 によって光ディスク 7 1 上に収束される。さらに光ディスク 7 1 の記録面上のピットやトラック溝で回折されると共に反射された赤色光ビームは、ほぼ同じ光路を戻り、対物レンズ 6 とコリメートレンズ 5 を介してホログラム 4 に再び入射し、+1 次回折光 1 0 と -1 次回折光 1 1 を発生する。+1 次回折光 1 0 と -1 次回折光 1 1 はそれぞれ光検出部 8 1 と光検出部 8 2 に入射し、光電変換される。

ここで、光検出部 8 1 の中心と赤色レーザ 1 a の発光点との距離を  $d_1$  とすると、+1 次回折光 1 0 と共役な -1 次回折光 1 1 を受光する光検出部 8 2 の中心と赤色レーザ 1 a の発光点との距離も略  $d_1$  とする必要がある。

図 3 は赤外レーザ光源を用いて、基材厚  $t_1 = 1.2 \text{ mm}$  程度の CD (CD-ROM、CD-R など) 光ディスク 7 2 に対して記録又は再生をする場合の説明図である。

赤外半導体レーザ 1 b から出射した赤外の光ビーム 2 5 は回折格子 3 を透過する際に回折されて  $\pm 1$  次の副スポットを生成し、0 次回折光 (主スポット) とともに、ホログラム 4 を透過し、コリメートレンズ 5 と、対物レンズ 6 によって光ディスク 7 2 上に収束される。さらに光ディスク 7 2 の記録面上のピットやトラック溝で回折されると共に反射された光ビームは、ほぼ同じ光路を戻り、対物レンズ 6 とコリメートレンズ 5 を介してホログラム 4 に再び入射し、+1 次回折光 1 2 と -1 次回折光 1 3 を発生する。+1 次回折光 1 2 と -1 次回折光 1 3 はそれぞれ光検出部 8 1 と光検出部 8 3 に入射し、光電変換される。

ここで、光検出部 8 1 の中心と赤外レーザ 1 b の発光点との距離を  $d_2$  とする

と、+1次回折光12と共役な-1次回折光13を受光する光検出部83の中心と赤外レーザ1bの発光点との距離も略d2とする。

図4は、回折格子3の断面図を示している。本図は便宜上、図1の図示に対して、上下方向を逆転させて図示している。本図に示した回折格子は、部材の凹凸によって回折格子が形成されたレリーフ型の回折格子である。回折格子3は、凹凸の形状がそれぞれ略矩形の断面形状となっている。また、凹部の幅W1と凸部の幅W2とは略等しくしている。

ここで、赤色光ビーム2の波長を $\lambda_1$ 、波長 $\lambda_1$ に対する回折格子材料の屈折率を $n_1$ とすると、本実施形態では、断面形状の凹凸形状の段差、すなわち格子深さ（凹部底面に対する凸部の高さ） $h$ を、以下の式（1）を満足する値に設定している。

$$h = \lambda_1 / (n_1 - 1) \quad \dots (1)$$

段差 $h$ が式（1）を満足することにより、凹部と凸部との間の光路差が、赤色光ビームの1波長分となる。このことにより、光路差による位相差が $2\pi$ になり、凹部と凸部との間で、赤色光の位相は実質的に同じになるので、スカラー計算による設計上は、赤色光は回折格子3によって回折されないことになる。また、赤外光は波長が赤色光より長いので、段差 $h$ によって生じる光路差は、1波長より小さくなり、位相差も $2\pi$ より小さくなる。このため、必然的に回折が起こり、すでに説明したように、副スポットの生成が可能になる。回折格子のより具体的な構成については、後に図11、12を用いながら説明する。

なお、赤外光ビームによってCD光ディスクを再生する場合にはNAが0.4以上であることが望ましいが、対物レンズ6においてサブビームのNAが0.4以上になる範囲全てから、回折光が発生するように、回折格子3には十分に広い範囲に回折縞を作製しておく必要がある。また、赤色光ビームに対しては、回折が起こらないように設計することが望ましいが、製造誤差等により少しの回折は起こることが考えられる。赤色光ビームの一部が回折格子3の回折格子縞のない部分を透過して対物レンズ5に入射すると、回折縞を通った光との強度及び位相ムラ（場所による違い）が生じ、光ディスク71の記録面上への収束性能が劣化する恐れがある。

そこで、赤色光ビームに関しても、回折格子 3 で回折されずに対物レンズ 5 に入射した光ビームが DVD 光ディスク再生に必要な NA (0.6) を満たす範囲全てに格子縞を形成することが望ましい。

ただし、CD 光ディスク 72 から反射して戻ってきた光がホログラム 4 に入射して回折した回折光 12 又は回折光 13 が格子縞に入射するとさらに回折されて光量の損失となるので、これを避けるため、回折光 12 又は回折光 13 が回折格子 3 上の格子縞の範囲を制限する必要がある。例えば、図 1 において回折格子 3 を陰影で図示した部分に格子縞を作製することにより、DVD 光ディスク再生時の収束スポット性能を確保し、かつ、CD 光ディスク再生時の光量損失を防ぐことができる。

回折格子 3 は格子縞を含み、図示はしていないが、より広い範囲にわたって透明な基板を有し、回折光 12 や、回折光 13 はその透明な（格子縞の形成されていない）部分を透過する構成とする。

また、DVD 光ディスクは CD 光ディスクに比べて高密度の光ディスクであり、CD 光ディスクより収差の少ない収束スポットをもって再生（又は記録）を行う必要があるため、赤色半導体レーザ 1a の発光点を、組み立て公差範囲内で集光光学系の光軸上に（本実施の形態ではコリメートレンズ 5 の光軸）配置することが望ましい。このことにより、レンズ収差の影響を受け易い短波長レーザ素子からのレーザ光が、レンズ収差の程度の小さいコリメートレンズ 5 の光軸近傍を通ることになる。このため、DVD 光ディスク再生時に軸外収差が発生せず、より安定に高密度の DVD 光ディスクの再生（又は記録）を行うことができる。

さらに、光検出部 81 の中心と赤色レーザ 1a の発光点との距離  $d_1$  と、光検出部 81 の中心と赤外レーザ 1b の発光点との距離  $d_2$ 、及び波長との関係を考えると、回折距離はほぼ波長に比例するため、赤色レーザの波長を  $\lambda_1$ 、赤外レーザの波長を  $\lambda_2$  とすると、

$$d_1 : d_2 = \lambda_1 : \lambda_2 \quad \dots (2)$$

の関係を満足するように、すなわち

$$d_1 / d_2 = \lambda_1 / \lambda_2 \quad \dots (2')$$

の関係を満足するように配置する。このことにより、光検出部 81 を両波長に対

して共通に使用でき、光検出部の数を低減できるので、光検出器面積の縮小、出力を電流電圧変換する回路素子数の低減によるコスト低減、小型化を実現できる。また、赤色レーザ 1 a の発光点と赤外レーザ 1 b の発光点の間の距離を  $d_{12}$  とすると、図 2 と図 3 から明らかなように、

$$d_2 = d_1 + d_{12} \quad \dots (3)$$

である。式 (2) と式 (3) より、

$$d_1 = \lambda_1 \cdot d_{12} / (\lambda_1 - \lambda_2) \quad \dots (4)$$

$$d_2 = \lambda_2 \cdot d_{12} / (\lambda_1 - \lambda_2) \quad \dots (5)$$

とすることにより、所定の発光点間距離と波長に対して、光検出部 8 1 を両波長に対して共通に使用でき、光検出部の数を低減できるので、光検出器面積の縮小、出力を電流電圧変換する回路素子数の低減によるコスト低減、小型化を実現できる。

なお、前記式 (2)、(4)、及び (5) においては、各式の両辺の値は実質的に一致していればよい。すなわち、両辺の値が完全に一致する場合のみならず、前記各式が満足することによる効果を、実用上問題ない程度に達成できる程度に略一致する場合も含んでいる。

#### (実施の形態 2)

図 5 と図 6 は、立ち上げミラーを用いて薄型の光ピックアップを構成した場合の実施の形態である。図 5 は赤色光ビーム 2 を発光させて DVD 光ディスクを再生する場合について示している。コリメートレンズ 5 によって略平行光にされた光を立ち上げミラー 1 7 によって反射し、進行方向を変えることによって、光ディスク 7 1 の平面に対して直角方向の光ピックアップの大きさ（厚み）を小さくしている。波長選択絞り 1 8 は赤色光ビーム 2 に対しては単なる透明板として振る舞い、なんら作用しない構成にする。

そして、赤外光に対しては図 6 のように光軸から離れたところの光ビームを波長選択絞り 1 8 によって遮光する。この波長選択絞りは、光軸付近と光軸から離れた外周部に波長特性の異なる誘電体多層膜を形成したり、位相変調量の異なる位相格子を形成するなどの方法で実現できる。

DVD 光ディスクは記録密度が高いために、CD 光ディスクよりも大きな NA

によって再生を行う必要があるため、このような波長によってNAを変える手段を用いて、CD光ディスク再生時のNAは必要最小限にして、基材厚さやディスク傾きによる収差を低減できるという効果を得ることができるが、本願は波長選択絞りを具備する構成だけに限られるものではない。

図5と図6において、15はパッケージであり、少なくとも、赤色レーザ1bと、赤外レーザ1a、及び光検出部81～83を形成した光検出器を内蔵する。このように光源と光検出器を一体集積化して一部品化したものを、以下ユニットと呼ぶ。ホログラム4は、コリメートレンズ5の近くにおいても良いが、ユニット16にホログラム4も集積化すれば、サーボ信号を生成するために必要な部品を近接して固定できるため、温度変化によるひずみの影響を受けにくく安定したサーボ信号の検出ができる。

#### (実施の形態3)

次に赤色レーザ1bと赤外レーザ1a、及び光検出部81～83を形成した光検出器を集積化する実施の形態を図7を用いて説明する。8は光検出器であり、シリコン基板などの上に光検出部81～83を形成する。このように1枚の基板に光検出部を全て集積して形成することにより電氣的接続の工数を低減できると共に、光検出器間の相対位置精度を高精度に決めることができる。

また1は半導体レーザ光源であり、赤色レーザ1bと赤外レーザ1aをモノリシックに集積化している。このように1チップの半導体レーザに2種の波長の光源を一体形成することによって、赤色レーザ1bと赤外レーザ1aの発光点間距離を $\mu\text{m}$ オーダー、もしくはサブ $\mu\text{m}$ オーダーの精度で決めることができ、両波長をそれぞれ用いたときの検出信号をいずれも良好な特性にすることができる。

レーザ1から赤色光ビーム2や赤外光ビーム25が出射する方向には小型の反射ミラー14を形成しており、光検出部81～83の成す面に対して垂直な方向に赤色光ビーム2や赤外光ビーム25の光軸を折り曲げることができる。

このミラー14は基板のシリコンを異方性エッチングしたり、小型のプリズムミラーを光検出器8に貼り付けたりして実現できる。レーザ1に対して、ミラー14と反対の側にも、光検出部89を形成することによりその方向にレーザ1から出射する光量を検知して、発光量を制御するための信号に利用できる。

(実施の形態 4)

次に光検出部 8 1 ~ 8 3 及びホログラム 4 のさらに詳細な構成について実施の形態を図 8、図 9、及び図 10 を用いて説明する。

図 8 は光検出器 8 をその表面に対して垂直な方向から見た図である。赤色レーザ 1 a 発光時、すなわち DVD 光ディスク再生時のホログラム 4 上の光ビーム有効径（すなわち対物レンズ 5 の有効径の射影）と、ホログラム 4 から発生する回折光の光検出器上の様子を示している。1 a L は赤色半導体レーザ 1 a の発光点を示しており、ホログラム 4 上の光ビーム有効径は発光点 1 a L を中心に広がっている。光検出部 8 1、8 2、8 3 はそれぞれ独立に Si 基板などに形成して、ハイブリッドに組み立てても良いが、そのうち複数、又は図 8 の様に、全てを共通の基板上に形成することにより、互いの位置関係を容易に精度良く決めることができる。さらに半導体レーザ 1 も同一基板上に形成することによって、光検出部との相対位置関係が安定になり、サーボ信号を安定に得ることができる。

P 4 A、P 4 B、P 4 C、P 4 D はホログラム 4 から回折する + 1 次回折光、M 4 A、M 4 B、M 4 C、M 4 D はホログラム 4 から回折する - 1 次回折光である。ホログラム 4 は、x y 軸によって少なくとも 4 分割されており、P 4 A と M 4 A は領域 4 A から、P 4 B と M 4 B は領域 4 B から、P 4 C と M 4 C は領域 4 C から、P 4 D と M 4 D は領域 4 D から、回折するように設計する。なお、図 8 ではホログラム 4 の一部分を、ホログラム 4 上の赤外光 4 R として表示しており、ホログラム 4 は 4 R より広い範囲に形成する。

フォーカスエラー信号はホログラム 4 から回折する - 1 次回折光 M 4 A、M 4 B、M 4 C、M 4 D を光検出部 8 2 で受光することによって得ることができる。例えば、M 4 A と M 4 D は光検出部 8 2 の表面に対してコリメートレンズ 5（図 1）の反対側に焦点を結び（これを後ピンと呼ぶ）、M 4 B と M 4 C は光検出部 8 2 の表面に対してコリメートレンズ 5（図 1）と同じ側に焦点を結ぶ（これを前ピンと呼ぶ）ように波面を設計する。すなわち、光軸方向に焦点位置の異なる波面を設計する。

DVD 光ディスク 7 1 と対物レンズの光軸方向の間隔がずれた場合、すなわちデフォーカスによって、情報記録面上に収束スポットが合焦状態である前後にお



いて、光検出部 8 2 上の回折光の大きさが変化する。この変化は焦点位置の違いに対して逆の動きになる。例えば M 4 A と M 4 D は大きく、M 4 B と M 4 C は小さくなる。従って、図 8 のように分割領域を結線していくつかの短冊状の領域の出力を加えた F 1 と F 2 の信号を、

$$F E = F 1 - F 2 \quad \cdot \cdot \cdot (6)$$

と差動演算することによって得ることができる。

D V D 光ディスク 7 1 のトラック延伸方向（タンジェンシヤル方向）の射影方向は y 方向、ディスク中心から外周へのびる放射方向（ラジアル方向）は x 方向に合わせる。D V D - R A M 等の、記録可能な光ディスクには、案内溝があり、図 9 のように案内溝による回折を強く受ける。図 9 において 2 5、2 6、2 7 は光ディスク記録面上の案内溝によるそれぞれ 0 次、+ 1 次、- 1 次の回折光である。また 8 4 は説明のために用いる 2 分割光検出器である。光検出器 8 4 は光ディスク面 2 4 や対物レンズ 6 とは直角方向の光軸方向から見たところを描いてある。すなわち、図 9 の上半分と下半分は立面図と正面図の関係にある。

光ディスク記録面 2 4 の案内溝に収束スポットが照射されると、その反射光は案内溝の延伸方向に対して直角な方向に回折を伴う。対物レンズ面に戻ってきた遠視野像（F F P : ファーフィールドパターン 2 8）は案内溝の ± 1 次回折光と 0 次回折光の干渉によって、F F P 2 8 のように A や B の部分に光強度の強弱の分布が生じる。案内溝と収束スポットの位置関係に依存して、A が明るくて B が暗くなったり、逆に A が暗くて B が明るくなったりする。

このような光強度変化を 2 分割光検出器で検知することによって P P 法の T E 信号を得られる。図 8 で示した実施の形態では、ホログラム 4（図 8 ではホログラム上の赤色光 4 R のみを示した）が図 9 における 2 分割光検出器 8 4 の位置にあるので、ホログラム 4 の領域分割とそれぞれの領域からの回折光が到達する光検出部の分割領域を考慮すると、信号強度を領域名によって表示（以下同じ）して、

$$T E = (T A + T B) - (T C + T D) \quad \cdot \cdot \cdot (7)$$

という演算によってプッシュプル方によるトラッキングエラー（T E）信号を得ることができる。

また、DVD-ROM再生時には位相差法によるTE信号を用いる必要があるが、その場合は、 $(TA + TC)$ と $(TB + TD)$ の信号の位相比較によって位相差法TE信号を得ることができる。なお、TAとTB又はTCとTDの位相比較によっても位相差法TE信号を得ることができる。

また、光検出部82で受光するFE信号検出用回折光は、例えば、M4AとM4Dは光検出部82の表面に対してコリメートレンズ5（図1）の反対側に焦点を結び（これを後ピンと呼ぶ）、M4BとM4Cは光検出部82の表面に対してコリメートレンズ5（図1）と同じ側に焦点を結ぶ（これを前ピンと呼ぶ）。すなわちホログラム4の領域4Aから回折する回折光と、ホログラム4の領域4Dから回折する回折光の特性が同じである。このように、ホログラム4の、光ディスク7のタンジェンシャル方向に相当するy軸に対して対称な領域から回折する回折光の特性を同じにすると、FE信号検出時に図9を用いて説明したAとBの光量変化がy軸に対して対称な領域から回折する回折光どうしで相殺する。例えばトラッキングずれによって、Aにおいて光量が増加すれば、Bにおける光量はこの増加分だけ減少し、AとBとの光量変化を合計すればゼロになる。このため、TE信号が変化してもFE信号に影響を与えることがなく、TE信号のFE信号への混入、いわゆる溝横断信号の発生を防ぐことができる。

次に情報（RF）信号は、

$$RF = TA + TB + TC + TD \quad \dots (8)$$

によって得ることができる。又は、

$$RF = TA + TB + TC + TD + F1 + F2 \quad \dots (9)$$

というように±1次回折光を全て利用してRF信号を得ることによって電氣的な雑音に対する信号／雑音比（S／N）を高めることができる。なお、式（4）、（5）と図8から明らかなように、光検出部82の中心と光検出部83の中心は、d12の2倍の距離にすると、それぞれの光検出部の中心と回折光の中心を一致させることができ、波長変動などの誤差があってももれなく受光することができる。

また、領域82を5本の短冊状分割領域から構成することによって、回折光M4Dと回折光M4Aを適度に離すことができる。また、回折光M4Dと回折光M4Aを適度に離すことができる。このため、これらの共役光である回折光P4D

と回折光 P 4 A が適度に離れる。また同様に回折光 P 4 B と回折光 P 4 C も適度に離れる。このため、光検出部 8 1 において、確実に 4 個の回折光を分離して信号検出でき、より良好な位相差法の T E 信号を得ることができるという効果がある。

図 1 0 は図 8 と同じ構成のユニットにおいて、赤外光を発光させて C D 光ディスクを記録又は再生する場合の様子である。C D 光ディスク 7 2 と対物レンズの光軸方向の間隔がずれた場合、すなわちデフォーカスによって、光検出部 8 2 上の回折光の大きさが変化する。この変化は焦点位置の違いに対して逆の動きである。従って、図 1 0 のように光検出部 8 3 の分割領域を結線していくつかの短冊状の領域の出力を加えた F 3 と F 4 の信号を、

$$F E = F 3 - F 4 \quad \cdot \cdot \cdot (10)$$

と差動演算することによって F E 信号を得ることができる。このとき、ホログラム 4 は x y 軸によって 4 分割されているので、F 3 と F 4 の信号を検出するための 4 個の回折光の大きさは互いに等しくないが、F E 信号検出に支障はない。また、例えば F 1 と F 3、F 2 と F 4 を光検出器の中で結線することによって、光検出部から得られる電流信号を電圧信号に変換する I - V アンプの数や、ユニットから外部への信号を取り出す電気端子の数を低減し、ユニットの小型化を図ることができるという効果を得ることができる。

D V D と C D は基材厚が異なる。このため、F E 信号検出を同じ形状の光検出部で行うと球面収差の影響で F E 信号にオフセットが生じる場合がある。そこで、図 1 0 のように光検出部 8 3 の x 軸に沿った対称線（中心線）を光検出部 8 2 の x 軸に沿った対称線に対してずらすなどの変形によってこの F E オフセットを低減することができる。

図 1 0 では、光検出部 8 2 の対称線に対して、光検出部 8 3 の真ん中の短冊領域の長い方の 2 本の分割線が等距離にない（ $a \neq b$ ）様子を示している。また、回折光の大きさも波長と球面収差の影響で異なるので、短冊の幅も光検出部 8 2 と光検出部 8 3 で変えることにより感度が高くダイナミックレンジの広い F E 信号を得ることができるという効果がある。

C D 再生時の T E 信号は D V D 再生時と同様に位相差法でも検出可能であるが、

CD-Rでは、規格上3ビーム法を保証しており、図3のように回折格子3を備えている。図示はしていないが、赤外光は回折格子3によって一部の光が回折され、副ビームを形成する。この副ビームは主ビームと同様にCD光ディスク72上に収束されて、反射され、光検出器8上の分割領域TF、TG、TH、TIに入射する。3ビーム法によるTE信号は、

$$TE = (TF + TH) - (TG + TI) \quad \dots (11)$$

という演算によって得ることができる。

なお、TFとTHを光検出器8においてアルミ配線などによって内部結線することにより外部への出力端子数を減じ、ユニットを小型化できるという効果を得ることもできる。TGとTIも同様である。

また、

$$TE = TF - TG \quad \dots (12)$$

又は、

$$TE = TH - TI \quad \dots (13)$$

によっても3ビーム法によるTE信号検出を可能であり、外部への出力端子数を減じ、ユニットを小型化できる。

次に情報(RF)信号は、

$$RF = TA + TB + TC + TD \quad \dots (14)$$

によって得ることができる。又は、

$$RF = TA + TB + TC + TD + F3 + F4 \quad \dots (15)$$

というように±1次回折光を全て利用してRF信号を得ることによって電氣的な雑音に対する信号／雑音比(S/N)を高めることができる。なお、F1、F2、F3、F4についてはこれまで全て独立として説明してきたが、例えばF1とF3、F2とF4を内部結線することにより外部への出力端子数を減じ、ユニットを小型化できる。

(実施の形態5)

実施形態1において、回折格子3の概略について説明したが、図11を用いて回折格子3について、より具体的に説明する。図11は、回折格子3を含む回折格子体の断面図を示している。基材142には、3ビーム発生用の回折格子3が

形成されている。さらに、基材 1 4 2 には、ホログラムが形成された基材 1 4 1 が接合されている。

前記のように、格子深さ  $h$ （図 4 参照）が、前記式（1）を満足すれば、理論上は、赤色光の回折は起こらない。ここで、回折格子 3 を形成している基材 1 4 2 の屈折率  $n_1$  が仮に 1.5 程度であるとする、前記式（1）に、 $n_1 = 1.5$ 、及び赤色光の波長  $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$  を代入すると、 $h = 650 \text{ nm} / (1.5 - 1) = 650 \text{ nm} \times 2$  となる。

すなわち、格子深さ  $h$  は、波長  $\lambda$  の 2 倍になる。スカラー計算の仮定である格子深さ  $h$  が浅い回折格子であれば、赤色光の透過効率は 100% となる。しかしながら、格子深さ  $h$  が、 $h = 1.3 \mu\text{m}$  ( $650 \text{ nm} \times 2$ ) 程度にまで大きくなると、スカラー計算の仮定である薄い回折格子ではなくなる。この場合、厳密にベクトル計算を行なうと、透過効率は約 80% となり、約 20% の光量ロスが発生してしまう。

光学材料として広く用いられている硝子やプラスチックは、安価で加工性が良く、しかも材料の入手も簡単であるという大きな利点を有しているが、屈折率は高々 1.7 程度である。このため、前記のように、格子深さ  $h$  を大きくする必要があり、光量ロスが大きくなってしまう。

本実施形態では、回折格子 3 を形成する基材 142 の材料に、硝子やプラスチックではなく、高屈折率材料を用いている。高屈折率材料としては、例えば  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ （タンタルオキシサイド）膜がある。 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  膜の赤色光に対する屈折率は、膜の形成条件により異なるが、1.9 以上で 2.1 程度までの範囲内である。前記式 (1) に、 $n_1 = 2$ 、及び赤色光の波長  $\lambda_1 = 650 \text{ nm}$  を代入すると、 $h = 650 \text{ nm} / (2 - 1) = 650 \text{ nm}$  となる。すなわち、屈折率  $n_1 = 1.5$  の場合と比べ格子深さ  $h$  は、半分の値となる。

このように、格子深さ  $h$  が  $0.65 \mu\text{m}$  ( $650 \text{ nm}$ ) 程度の場合、ベクトル解析によって、 $6 \mu\text{m}$  周期の格子に対する赤色光の透過率を計算すると、約  $95\%$  以上となり、光量ロス は約  $5\%$  程度となる。このため、本実施形態では、屈折率が  $1.5$  程度の材料を用い光量ロスが約  $20\%$  発生する構成と比べ、光量ロスを  $1/4$  程度に低減できる。さらに、格子深さ  $h$  が  $0.65 \mu\text{m}$  程度と小さいと、

回折格子の断面形状を理想的な矩形形状にし易く、図 1 5 B を用いて説明したような、側壁の傾斜による位相差の発生を低減できる。

前記の例では、屈折率が  $n_1 = 2$  の場合を用いて説明したが、屈折率が 1.9 以上であれば、同様の効果が得られる。すなわち、屈折率が 1.9 以上の高屈折材料を用い、前記式 (1) に基づいて算出した格子深さ  $h$  の回折格子であれば、赤外光は回折し、赤色光は回折せず、しかも赤色光の透過率が高い 3 ビーム発生用の回折格子を得ることができる。

なお、高屈折材料として  $Ta_2O_5$  の例で説明したが、 $TiO_2$  (屈折率は約 2.3)、 $ZrO_2$  (屈折率は約 1.95)、 $Nb_2O_3$  (屈折率は約 2.3)、 $ZnS$  (屈折率は約 2.3)、 $LiNbO_3$  (屈折率は約 2.0)、及び  $LiTaO_3$  (屈折率は約 1.9 ~ 2.0) 等の材料を用いてもよい。

図 1 1 の回折格子体の図示は、回折格子 3 を形成した基材 1 4 2 と、ホログラム 4 が形成された基材 1 4 1 とを別個の部材とし、これらを接合した構成の例を示している。この構成であれば、基材 1 4 2 を高屈折率材料の薄膜とし、母材である基材 1 4 1 に、安価な硝子や樹脂を用いることができる。このため、均質で体積の大きなものを形成するのが容易でなく、かつ高価な高屈折率材料の使用量を最小限に抑えることができる。また、この場合回折格子体は、低屈折率材料を用いた基材 1 4 1 の割合が大きくなるので、回折格子体の高さを低くできるという別の効果が得られる。

なお、高屈折率材料の薄膜を蒸着によって形成する場合は、蒸着対象物である基材 1 4 1 も高熱になるので、基材 1 4 1 の材料には、樹脂に比べて耐熱性の高い硝子を用いるのが好ましい。

また、基材 1 4 1 と基材 1 4 2 とを別個に形成した図 1 1 のような構成ではなく、母材である基材 1 4 1 自体を高屈折率材料とし、基材 1 4 1 自体に回折格子 3 を形成し、別個の接合体を用いない構成としてもよい。このように単体の基材のみで回折格子体を形成した構成であれば、コスト面では不利になるが、部材同士の接合が省けるので製造が容易になる。この構成においても、赤外光は回折し、赤色光は回折せず、しかも赤色光の透過率が高い 3 ビーム発生用回折格子 3 を得ることができる。

また、この3ビーム発生用回折格子と、異なる波長（赤外光と赤色光）のレーザ光源と、光検出器を具備する半導体レーザ装置（ユニット）を構成することにより、CD-Rを安定に再生でき、DVD再生時の光利用効率を高めた半導体レーザ装置を実現できる。さらに、このユニットと対物レンズを用いた光ピックアップ装置や光情報装置についても同様に、CD-Rを安定に再生でき、かつ、DVD再生時の光利用効率が高くなる。すなわち、S/N比が高くて安定に再生でき、かつ消費電力が低いという装置を実現できる。

なお、ホログラム4では、光源（1a、1b）から光ディスク7へと至る往路においても回折が起こる。この往路の回折光が光ディスク7で反射して光検出器（81、82、83）へ入射すると、不要な迷光となるので、サーボエラー信号のオフセットや情報再生信号の雑音の原因となるおそれがある。

そこで、このような迷光を遮蔽するために、ホログラム4と同一面内に、アパーチャ（開口制限）17を設けることが望ましい。アパーチャ17は、基材141に対して、回折格子を形成したり、金属膜を蒸着したりすることによって設けることができる。金属膜によってアパーチャ17を形成する場合には材料としてNiやCrが考えられるが、金属膜による反射光が直流的な迷光の要因となる恐れもあるので可視光の吸収率が高いCrが、この点で望ましい。

すなわち、アパーチャ17をCr膜によって形成することにより反射による迷光を低減できる効果をさらに得ることができる。

さらに、より一般的に凹凸形状の回折格子を有する回折格子体を作製する場合についても、硝子など屈折率が1.8より小さな母材上に、屈折率が1.9以上の材料を形成して、この高屈折材料に凹凸を形成することによって、安価に光の利用効率を高めるという効果を得ることができる。

#### （実施の形態6）

図12を用いて、回折格子3の別の実施形態について説明する。図12は、回折格子3を含む回折格子体の断面図を示している。基材142は高屈折率材料を用いており、3ビーム発生用の回折格子3が形成されている。さらに、基材142には、ホログラムが形成された基材141が接合されている。本実施形態は、基材142の両面には反射防止膜142及び143が形成されている構成が、前

記実施形態 4 と異なっている。

本願発明では 3 ビーム格子における赤色光の透過率向上を目的としているので、反射防止コートによる透過率の向上も重要になる。高屈折率材料の基材 1 4 2 と空気との界面に反射防止膜を形成しない構成においては、基材 1 4 2 の屈折率  $n_1$  が  $n_1 = 2$  の場合、約 11% の反射損失が生じるので、反射防止膜 1 4 4 を設ける効果が大きいといえる。

反射防止膜 1 4 4 は、 $\text{SiO}_2$  薄膜などによって実現することができる。また、高屈折率の基材 1 4 2 と基材 1 4 1 との界面の反射防止膜（マッチングコート）1 4 3 は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  や  $\text{SiN}$  の薄膜によって実現できる。

本実施形態の作製手順としては、硝子などの基材 1 4 1 上に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  や  $\text{SiN}$  の反射防止膜 1 4 3 を形成し、さらに前記実施形態 4 において挙げたような材料によって高屈折率基材 1 4 2 を形成する。そしてエッチングなどの手法によって回折格子 3 を形成し、さらに  $\text{SiO}_2$  等の反射防止膜 1 4 4 を形成する。

回折格子の深さ  $h$ （図 4）を確保するためには、高屈折率の基材 1 4 2 の厚みを  $h$  以上にする必要があるが、高屈折率基材 1 4 2 の厚みをちょうど  $h$  と等しくすると、リフトオフの手法によって回折格子を形成することができる。

なお、図 1 2 では描いていないが、より光利用効率を高くするために、ホログラム 4 の上面にも  $\text{MgF}_2$  などによって反射防止膜を形成することが望ましい。

本実施形態についても、前記実施形態 5 と同様に、ここで説明した回折格子体を用いた半導体レーザ装置（ユニット）、光ピックアップ装置、及び光情報装置に用いることができ、実施形態 6 の場合と同様の効果が得られる。

（実施の形態 7）

図 1 3 は、本発明の一実施形態に係る光情報装置の概略構成図である。本図に示した光ピックアップ 2 0 は、前記各実施形態に係る光ピックアップのいずれかを用いており、前記実施形態 5 又は実施形態 6 で説明した回折格子体を用いている。

光ディスク 7 は、光ディスク駆動機構 3 2 によって回転する。光ピックアップ 2 0 は、光ディスク 7 のうち、所望の情報の存在するトラックのところまで、光ピックアップ駆動装置 3 1 によって粗動（シーク動作）される。



また、光ピックアップ20は、光ディスク7との位置関係に対応して、フォーカスエラー信号やトラッキングエラー信号を電気回路33へ送る。電気回路33はこの信号に対応して、光ピックアップ20へ、対物レンズを微動させるための信号を送る。この信号によって、光ピックアップ20は、光ディスク7に対してフォーカスサーボと、トラッキングサーボを行い、光ディスク7に対して、情報の読みだし、又は書き込みや消去を行う。

本実施形態の光情報装置は、光ピックアップとして、本発明に係る小型、低コストでS/N比もよい情報信号を得ることのできる光ピックアップを用いるので、情報の再生を正確かつ、安定に実行することができ、かつ小型、低コストである。

また、本発明の光ピックアップは、本発明に係る回折格子体を用いているので、光の利用効率が高くなり、アクセス時間も短く、消費電力も少ないという効果が得られる。

以上のように本発明によれば、回折格子を形成する基材を、高屈折率材料とすることにより、回折格子の格子深さを浅くすることができ、回折しない波長の光の光量損失を防止できる。屈折率の異なる基材を接合して回折格子体を形成した構成では、比較的高価な高屈折率材料の使用量を最小限に抑えることができる。また、回折格子体を単体の基材で形成した構成では、コスト面では不利になるが、製造が容易になる。

以上に説明した実施の形態は、あくまでも本発明の技術的内容を明らかにする意図のものであって、本発明は、このような具体例にのみ限定されるものではなく、その発明の精神と請求の範囲に記載する範囲内でいろいろと変更して実施することができ、本発明を広義に解釈すべきである。

## 請求の範囲

1. 波長 $\lambda_1$ に対して略透明で屈折率が $n_0$ の基材と、前記屈折率が $n_0$ の基材上に形成され、波長 $\lambda_1$ に対して略透明で屈折率が $n_1$ の基材と、前記屈折率が $n_1$ の基材に形成されたレリーフ型の回折格子とを備え、

前記屈折率 $n_1$ と $n_0$ とが、 $n_1 > n_0$ の関係を満足することを特徴とする透過型の回折格子体。

2. 前記回折格子は、矩形断面形状の凹部と凸部とによって形成され、前記凹部と凸部との段差 $h$ が、 $h = \lambda_1 / (n_1 - 1)$ の関係を満足し、

前記凹部と凸部との間の光路差は、波長 $\lambda_1$ の1波長分となるよう設定されている請求項1に記載の回折格子体。

3. 前記屈折率 $n_1$ が、1.9以上である請求項1に記載の回折格子体。

4. 前記屈折率が $n_1$ の基材の材料は、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $Nb_2O_3$ 、 $ZnS$ 、 $LiNbO_3$ 、及び $LiTaO_3$ から選ばれる少なくとも一つの材料である請求項1に記載の回折格子体。

5. 前記回折格子は、矩形断面形状の凹部と凸部とによって形成され、前記屈折率が $n_1$ の基材の膜厚が、前記凹部と凸部との段差 $h$ と同じである請求項1に記載の回折格子体。

6. 前記屈折率が $n_1$ の基材のうち、空気との界面、及び前記屈折率が $n_0$ の基材との界面に反射防止膜が形成されている請求項1に記載の回折格子体。

7. 基材にレリーフ型の回折格子が形成された回折格子体であって、前記回折格子体は、単体の基材で形成されており、前記単体の基材の屈折率 $n_1$ が、1.9以上であることを特徴とする透過型の回折格子体。

8. 前記回折格子は、矩形断面形状の凹部と凸部とによって形成され、前記凹部と凸部との段差 $h$ は、

$$h = \lambda_1 / (n_1 - 1)$$

の関係を満足し、前記凹部と凸部との間の光路差が、波長 $\lambda_1$ の1波長分となるよう設定されている請求項7に記載の回折格子体。

9. 前記単体の基材の材料は、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $Nb_2O_3$ 、 $ZnS$ 、

LiNbO<sub>3</sub>、及びLiTaO<sub>3</sub>から選ばれる少なくとも一つの材料である請求項7に記載の回折格子体。

10. 請求項1から9のいずれかの回折格子体を備えた半導体レーザ装置であって、波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ の光ビームを放射する半導体レーザと、前記半導体レーザの放射する光ビームを受けて光電変換する光検出器とを有し、

前記回折格子体は、前記波長 $\lambda_2$ の光ビームを受けて主ビームを透過すると共に、 $\pm 1$ 次回折光である副ビームを形成し、

前記回折格子体、前記半導体レーザ、及び前記光検出器は、パッケージに一体集積されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

11. 請求項1から9のいずれかの回折格子体を備えた光ピックアップであって、波長 $\lambda_1$ の光ビームを放射する第1の半導体レーザ光源と、波長 $\lambda_1$ の光ビームを放射する第2の半導体レーザ光源と、

前記波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ の光ビームを受けて光ディスク上へ微小スポットに収束する集光光学系と、前記光ディスクで反射した光ビームを回折する回折手段と、前記回折手段で回折した回折光を受けてその光量に応じて電気信号を出力する光検出部を形成した光検出器とを有し、

前記回折格子体は、前記波長 $\lambda_2$ の光ビームを受けて主ビームを透過すると共に、 $\pm 1$ 次回折光である副ビームを形成することを特徴とする光ピックアップ。

12. 前記光検出部は、前記回折手段からの $+1$ 次回折光を受光する光検出部PD0を含み、前記光検出部PD0の中心と、前記第1及び前記第2の半導体光源の各発光点との間の距離を、それぞれ $d_1$ 、 $d_2$ とすると、

$$\lambda_1 / \lambda_2 = d_1 / d_2$$

の関係を実質的に満足する請求項11に記載の光ピックアップ。

13. 前記回折格子体、前記半導体レーザ、及び前記光検出器は、パッケージに一体集積されている請求項11に記載の光ピックアップ。

14. 請求項11に記載の光ピックアップを備えた光情報装置であって、光ディスクに対するフォーカス制御手段、トラッキング制御手段、及び情報信号検出手段を有し、さらに前記光ピックアップの移動手段と、前記光ディスクを回転させる回転手段とを備えたことを特徴とする光情報装置。

## 要 約

波長 $\lambda_1$ に対して略透明で屈折率が $n_0$ の基材と、前記屈折率が $n_0$ の基材上に形成され、波長 $\lambda_1$ に対して略透明で屈折率が $n_1$ の基材と、前記屈折率が $n_1$ の基材に形成されたレリーフ型の回折格子とを備え、前記屈折率 $n_1$ と $n_0$ とが、 $n_1 > n_0$ の関係を満足することを特徴とする。このことにより、屈折率 $n_1$ の基材を高屈折率材料とすることができ、回折格子の格子深さの設定により、波長 $\lambda_1$ の光は回折せず、波長 $\lambda_2$ の光は回折する構成とした場合において、回折格子の格子深さを浅くすることができ、波長 $\lambda_1$ の光の光量損失を防止できる。また、屈折率の異なる基材を接合して回折格子体を形成しているので、比較的高価な高屈折率材料の使用量を最小限に抑えることができる。さらに、回折格子体の大部分を低屈折率材料とすることができるので、回折格子体の高さを低くできる。